

Kurzhalt

1 Messung und Vektoren 1

Teil 1: Mechanik

- 2 Eindimensionale Bewegung 33
- 3 Bewegung in zwei und drei Dimensionen 69
- 4 Die Newton'schen Axiome 99
- 5 Weitere Anwendungen der Newton'schen Axiome 135
- 6 Arbeit und kinetische Energie 191
- 7 Energieerhaltung 223
- 8 Der Impuls 271
- 9 Drehbewegungen 319
- 10 Der Drehimpuls 367
- R Die spezielle Relativitätstheorie 403
- 11 Gravitation 425
- 12 Statisches Gleichgewicht und Elastizität 461
- 13 *Fluide 493

Teil 2: Schwingungen und Wellen

- 14 Schwingungen 533
- 15 Ausbreitung von Wellen 581
- 16 Überlagerung und stehende Wellen 627

Teil 3: Thermodynamik

- 17 Temperatur und die kinetische Gastheorie 667
- 18 Wärme und der Erste Hauptsatz der Thermodynamik 695
- 19 Der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik 735
- 20 Thermische Eigenschaften und Vorgänge 771

Teil 4: Elektrizität und Magnetismus

- 21 Das elektrische Feld I: Diskrete Ladungsverteilungen 801
- 22 Das elektrische Feld II: Kontinuierliche Ladungsverteilungen 841

- 23 Das elektrische Potenzial 885
- 24 Die Kapazität 925
- 25 Elektrischer Strom – Gleichstromkreise 965
- 26 Das Magnetfeld 1015
- 27 Quellen des Magnetfelds 1045
- 28 Die magnetische Induktion 1091
- 29 Wechselstromkreise 1129
- 30 Die Maxwell'schen Gleichungen – Elektromagnetische Wellen 1165

Teil 5: Licht

- 31 Eigenschaften des Lichts 1193
- 32 Optische Abbildungen 1237
- 33 Interferenz und Beugung 1285

Teil 6: Moderne Physik: Quantenmechanik, Relativitätstheorie und die Struktur der Materie

- 34 Welle-Teilchen-Dualismus und Quantenphysik 1323
- 35 Anwendungen der Schrödinger-Gleichung 1353
- 36 Atome 1377
- 37 Moleküle 1409
- 38 Festkörper 1431
- 39 Relativitätstheorie 1467
- 40 Kernphysik 1505
- 41 Elementarteilchen und die Entstehung des Universums 1533

Anhang

- A 1556
- B 1559
- C 1562
- Mathematische Grundlagen 1565
- Index 1597

Inhalt

| | | | |
|--------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 Messung und Vektoren | 1 | 4.5 Kontaktkräfte: Festkörper, Federn, Seile und Taue | 107 |
| 1.1 Vom Wesen der Physik | 2 | 4.6 Kräfterdiagramme und ihre Anwendung | 111 |
| 1.2 Maßeinheiten | 3 | 4.7 Das dritte Newton'sche Axiom | 119 |
| 1.3 Dimensionen physikalischer Größen | 6 | 4.8 Aufgabenstellungen mit zwei und mehr Körpern | 121 |
| 1.4 Signifikante Stellen und Größenordnungen | 7 | | |
| 1.5 Messgenauigkeit und Messfehler | 12 | 5 Weitere Anwendungen der Newton'schen Axiome | 135 |
| 1.6 Vektoren | 16 | 5.1 Reibung | 136 |
| 1.7 Allgemeine Eigenschaften von Vektoren | 16 | 5.2 Widerstandskräfte | 151 |
| | | 5.3 Krummlinige Bewegung | 153 |
| Teil 1: Mechanik | | 5.4 *Numerische Integration: Das Euler-Verfahren | 161 |
| 2 Eindimensionale Bewegung | 33 | 5.5 Trägheits- oder Scheinkräfte | 163 |
| 2.1 Verschiebung, Geschwindigkeit und Geschwindigkeitsbetrag | 34 | 5.6 Der Massenmittelpunkt | 166 |
| 2.2 Beschleunigung | 42 | | |
| 2.3 Gleichförmig beschleunigte Bewegung | 44 | 6 Arbeit und kinetische Energie | 191 |
| 2.4 Integration | 57 | 6.1 Die von einer konstanten Kraft verrichtete Arbeit | 192 |
| | | 6.2 Die von einer ortsabhängigen Kraft bei geradliniger Bewegung verrichtete Arbeit | 198 |
| 3 Bewegung in zwei und drei Dimensionen | 69 | 6.3 Das Skalarprodukt | 202 |
| 3.1 Verschiebung, Geschwindigkeit und Beschleunigung | 70 | 6.4 Gesamtarbeit und kinetische Energie bei krummliniger Bewegung | 210 |
| 3.2 Erster Spezialfall: Der schräge Wurf | 79 | 6.5 *Massenmittelpunktsarbeit | 212 |
| 3.3 Zweiter Spezialfall: Die Kreisbewegung | 88 | | |
| | | 7 Energieerhaltung | 223 |
| 4 Die Newton'schen Axiome | 99 | 7.1 Potenzielle Energie | 224 |
| 4.1 Das erste Newton'sche Axiom: Das Trägheitsgesetz | 100 | 7.2 Die Erhaltung der mechanischen Energie | 231 |
| 4.2 Kraft und Masse | 101 | 7.3 Der Energieerhaltungssatz | 244 |
| 4.3 Das zweite Newton'sche Axiom | 103 | 7.4 Masse und Energie | 255 |
| 4.4 Gravitationskraft und Gewicht | 107 | 7.5 Quantisierung der Energie | 258 |

| | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8 Der Impuls | 271 | 11 Gravitation | 425 |
| 8.1 Impulserhaltung | 272 | 11.1 Die Kepler'schen Gesetze | 426 |
| 8.2 Kinetische Energie eines Teilchensystems | 280 | 11.2 Das Newton'sche Gravitationsgesetz | 429 |
| 8.3 Stöße | 280 | 11.3 Die potenzielle Energie der Gravitation | 437 |
| 8.4 *Stöße im Schwerpunktsystem | 301 | 11.4 Das Gravitationsfeld | 442 |
| 8.5 Systeme mit veränderlicher Masse und Strahlantrieb | 303 | 11.5 *Berechnung des Gravitationsfelds einer Kugelschale durch Integration | 449 |
| 9 Drehbewegungen | 319 | 12 Statisches Gleichgewicht und Elastizität | 461 |
| 9.1 Kinematik der Drehbewegung: Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung | 320 | 12.1 Gleichgewichtsbedingungen | 462 |
| 9.2 Die kinetische Energie der Drehbewegung | 323 | 12.2 Der Schwerpunkt | 462 |
| 9.3 Berechnung von Trägheitsmomenten | 325 | 12.3 Einige Beispiele für statisches Gleichgewicht | 463 |
| 9.4 Das zweite Newton'sche Axiom für Drehbewegungen: Der Drehimpuls | 335 | 12.4 Statisches Gleichgewicht im beschleunigten Bezugssystem | 474 |
| 9.5 Anwendungen des zweiten Newton'schen Axioms | 338 | 12.5 Stabilität des Gleichgewichts | 476 |
| 9.6 Rollende Körper | 347 | 12.6 Unbestimmbare Probleme | 477 |
| 10 Der Drehimpuls | 367 | 12.7 Spannung und Dehnung | 478 |
| 10.1 Die Vektornatur der Rotation | 368 | 13 *Fluide | 493 |
| 10.2 Drehmoment und Drehimpuls | 371 | 13.1 Dichte | 494 |
| 10.3 Die Drehimpulserhaltung | 380 | 13.2 Druck in einem Fluid | 496 |
| 10.4 Die Quantisierung des Drehimpulses | 392 | 13.3 Auftrieb und archimedisches Prinzip | 503 |
| R Die spezielle Relativitätstheorie | 403 | 13.4 Bewegte Fluide | 510 |
| R.1 Das Relativitätsprinzip und die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit | 404 | Teil 2: Schwingungen und Wellen | |
| R.2 Bewegte Stäbe | 406 | 14 Schwingungen | 533 |
| R.3 Bewegte Uhren | 407 | 14.1 Harmonische Schwingungen | 534 |
| R.4 Noch einmal bewegte Stäbe | 411 | 14.2 Energie des harmonischen Oszillators | 542 |
| R.5 Weit voneinander entfernte Uhren und Gleichzeitigkeit | 412 | 14.3 Einige schwingende Systeme | 546 |
| R.6 Relativistischer Impuls, Masse und Energie | 416 | 14.4 Gedämpfte Schwingungen | 558 |
| | | 14.5 Erzwungene Schwingungen und Resonanz | 563 |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 15 Ausbreitung von Wellen | 581 | 18.8 Das Versagen des Gleichverteilungssatzes | 718 |
| 15.1 Einfache Wellenbewegungen | 582 | 18.9 Die reversible adiabatische Expansion eines Gases | 721 |
| 15.2 Periodische Wellen, harmonische Wellen | 590 | | |
| 15.3 Wellen in drei Dimensionen | 596 | 19 Der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik | 735 |
| 15.4 Wellenausbreitung an Hindernissen | 602 | 19.1 Wärmekraftmaschinen und der Zweite Hauptsatz | 736 |
| 15.5 Der Doppler-Effekt | 607 | 19.2 Kältemaschinen und der Zweite Hauptsatz | 741 |
| | | 19.3 Der Carnot'sche Kreisprozess | 742 |
| 16 Überlagerung und stehende Wellen | 627 | 19.4 *Wärmepumpen | 750 |
| 16.1 Überlagerung von Wellen | 628 | 19.5 Irreversibilität, Unordnung und Entropie | 751 |
| 16.2 Stehende Wellen | 637 | 19.6 Entropie und die Verfügbarkeit der Energie | 759 |
| 16.3 *Weitere Themen | 649 | 19.7 Entropie und Wahrscheinlichkeit | 760 |
| | | 19.8 *Der Dritte Hauptsatz | 761 |
| Teil 3: Thermodynamik | | 20 Thermische Eigenschaften und Vorgänge | 771 |
| 17 Temperatur und die kinetische Gastheorie | 667 | 20.1 Thermische Ausdehnung | 772 |
| 17.1 Thermisches Gleichgewicht und Temperatur | 668 | 20.2 Die Van-der-Waals-Gleichung und Flüssigkeits-Dampf-Isothermen | 777 |
| 17.2 Gasthermometer und die absolute Temperatur | 670 | 20.3 Phasendiagramme | 780 |
| 17.3 Die Zustandsgleichung für das ideale Gas | 673 | 20.4 Wärmeübertragung | 781 |
| 17.4 Die kinetische Gastheorie | 679 | | |
| | | Teil 4: Elektrizität und Magnetismus | |
| 18 Wärme und der Erste Hauptsatz der Thermodynamik | 695 | 21 Das elektrische Feld I: Diskrete Ladungsverteilungen | 801 |
| 18.1 Wärmekapazität und spezifische Wärmekapazität | 696 | 21.1 Die elektrische Ladung | 802 |
| 18.2 Phasenübergänge und latente Wärme | 699 | 21.2 Leiter und Nichtleiter | 805 |
| 18.3 Joules Experiment und der Erste Hauptsatz der Thermodynamik | 703 | 21.3 Das Coulomb'sche Gesetz | 807 |
| 18.4 Die innere Energie eines idealen Gases | 706 | 21.4 Das elektrische Feld | 813 |
| 18.5 Volumenarbeit und das P - V -Diagramm eines Gases | 706 | 21.5 Elektrische Feldlinien | 820 |
| 18.6 Wärmekapazitäten von Gasen | 711 | 21.6 Wirkung von elektrischen Feldern auf Ladungen | 824 |
| 18.7 Wärmekapazitäten von Festkörpern | 717 | | |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------|------|
| 22 Das elektrische Feld II: Kontinuierliche Ladungsverteilungen | 841 | 25.3 Energetische Betrachtung elektrischer Stromkreise | 975 |
| 22.1 Das Konzept der Ladungsdichte | 842 | 25.4 Zusammenschaltung von Widerständen | 980 |
| 22.2 Berechnung von E mit dem Coulomb'schen Gesetz | 842 | 25.5 Die Kirchhoff'schen Regeln | 987 |
| 22.3 Das Gauß'sche Gesetz | 855 | 25.6 RC-Stromkreise | 996 |
| 22.4 Berechnung von E mit dem Gauß'schen Gesetz | 860 | 26 Das Magnetfeld | 1015 |
| 22.5 Diskontinuität von E_n | 869 | 26.1 Die magnetische Kraft | 1016 |
| 22.6 Ladung und Feld auf Leiteroberflächen | 870 | 26.2 Die Bewegung einer Punktladung in einem Magnetfeld | 1022 |
| 22.7 *Die Äquivalenz des Gauß'schen und des Coulomb'schen Gesetzes | 873 | 26.3 Das auf Leiterschleifen und Magnete ausgeübte Drehmoment | 1030 |
| 23 Das elektrische Potenzial | 885 | 26.4 Der Hall-Effekt | 1034 |
| 23.1 Die Potentialdifferenz | 886 | 27 Quellen des Magnetfelds | 1045 |
| 23.2 Das Potenzial eines Punktladungssystems | 889 | 27.1 Das Magnetfeld bewegter Punktladungen | 1046 |
| 23.3 Die Berechnung des elektrischen Felds aus dem Potenzial | 895 | 27.2 Das Magnetfeld von Strömen: Das Biot-Savart'sche Gesetz | 1047 |
| 23.4 Die Berechnung des elektrischen Potenzials ϕ kontinuierlicher Ladungsverteilungen | 896 | 27.3 Der Gauß'sche Satz für Magnetfelder | 1063 |
| 23.5 Äquipotentialflächen | 905 | 27.4 Das Ampère'sche Gesetz | 1063 |
| 23.6 Die elektrische Energie | 912 | 27.5 Magnetismus in Materie | 1069 |
| 24 Die Kapazität | 925 | 28 Die magnetische Induktion | 1091 |
| 24.1 Die Kapazität | 926 | 28.1 Der magnetische Fluss | 1092 |
| 24.2 Speicherung elektrischer Energie | 931 | 28.2 Induktionsspannung und Faraday'sches Gesetz | 1093 |
| 24.3 Kondensatoren, Batterien und elektrische Stromkreise | 935 | 28.3 Die Lenz'sche Regel | 1098 |
| 24.4 Dielektrika | 944 | 28.4 Induktion durch Bewegung | 1102 |
| 24.5 Molekulare Betrachtung von Dielektrika | 952 | 28.5 Wirbelströme | 1108 |
| 25 Elektrischer Strom – Gleichstromkreise | 965 | 28.6 Induktivität | 1109 |
| 25.1 Elektrischer Strom und die Bewegung von Ladungsträgern | 966 | 28.7 Die Energie des Magnetfelds | 1111 |
| 25.2 Widerstand und Ohm'sches Gesetz | 970 | 28.8 *RL-Stromkreise | 1113 |
| | | 28.9 *Magnetische Eigenschaften von Supraleitern | 1118 |
| | | 29 Wechselstromkreise | 1129 |
| | | 29.1 Wechselspannung an einem Ohm'schen Widerstand | 1130 |

| | |
|-----------------------------------------------------------|------|
| 29.2 Wechselstromkreise | 1133 |
| 29.3 *Der Transformator | 1137 |
| 29.4 *LC- und RLC-Stromkreise ohne Wechselspannungsquelle | 1140 |
| 29.5 *Zeigerdiagramme | 1143 |
| 29.6 *Erzwungene Schwingungen in RLC-Stromkreisen | 1144 |

30 Die Maxwell'schen Gleichungen – Elektromagnetische Wellen 1165

| | |
|--------------------------------------------------------|------|
| 30.1 Der Maxwell'sche Verschiebungsstrom | 1166 |
| 30.2 Die Maxwell'schen Gleichungen | 1170 |
| 30.3 Die Wellengleichung für elektromagnetische Wellen | 1170 |
| 30.4 Elektromagnetische Strahlung | 1175 |

Teil 5: Licht

| | |
|-----------------------------------------------------------|------|
| 31 Eigenschaften des Lichts | 1193 |
| 31.1 Die Lichtgeschwindigkeit | 1194 |
| 31.2 Die Ausbreitung des Lichts | 1197 |
| 31.3 Reflexion und Brechung | 1199 |
| 31.4 Polarisation | 1209 |
| 31.5 Herleitung des Reflexions- und des Brechungsgesetzes | 1215 |
| 31.6 Welle-Teilchen-Dualismus | 1217 |
| 31.7 Lichtspektren | 1218 |
| 31.8 *Lichtquellen | 1219 |

| | |
|----------------------------|------|
| 32 Optische Abbildungen | 1237 |
| 32.1 Spiegel | 1238 |
| 32.2 Linsen | 1249 |
| 32.3 *Abbildungsfehler | 1264 |
| 32.4 *Optische Instrumente | 1265 |

| | |
|--------------------------------------|------|
| 33 Interferenz und Beugung | 1285 |
| 33.1 Phasendifferenz und Kohärenz | 1286 |
| 33.2 Interferenz an dünnen Schichten | 1287 |

| | |
|-----------------------------------------------|------|
| 33.3 Interferenzmuster beim Doppelspalt | 1290 |
| 33.4 Beugungsmuster beim Einzelspalt | 1294 |
| 33.5 *Vektoraddition harmonischer Wellen | 1297 |
| 33.6 Fraunhofer'sche und Fresnel'sche Beugung | 1305 |
| 33.7 Beugung und Auflösung | 1306 |
| 33.8 *Beugungsgitter | 1309 |

Teil 6: Moderne Physik: Quantenmechanik, Relativitätstheorie und die Struktur der Materie

| | |
|------------------------------------------------|------|
| 34 Welle-Teilchen-Dualismus und Quantenphysik | 1323 |
| 34.1 Wellen und Teilchen | 1324 |
| 34.2 Licht: Von Newton zu Maxwell | 1324 |
| 34.3 Die Teilchennatur des Lichts: Photonen | 1325 |
| 34.4 Energiequantisierung in Atomen | 1330 |
| 34.5 Elektronen und Materiewellen | 1330 |
| 34.6 Die Interpretation der Wellenfunktion | 1334 |
| 34.7 Der Welle-Teilchen-Dualismus | 1336 |
| 34.8 Ein Teilchen im Kasten | 1337 |
| 34.9 Erwartungswerte | 1342 |
| 34.10 Energiequantisierung in anderen Systemen | 1345 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| 35 Anwendungen der Schrödinger-Gleichung | 1353 |
| 35.1 Die Schrödinger-Gleichung | 1354 |
| 35.2 Ein Teilchen im Kasten mit endlich hohem Potenzial | 1356 |
| 35.3 Der harmonische Oszillator | 1358 |
| 35.4 Reflexion und Transmission von Elektronenwellen an Potenzialbarrieren | 1360 |
| 35.5 Die Schrödinger-Gleichung in drei Dimensionen | 1366 |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------|------|
| 35.6 Die Schrödinger-Gleichung für zwei identische Teilchen | 1369 | 39.2 Die Einstein'schen Postulate | 1469 |
| 36 Atome | 1377 | 39.3 Die Lorentz-Transformation | 1470 |
| 36.1 Das Atom und die Atomspektren | 1378 | 39.4 Uhrensynchronisation und Gleichzeitigkeit | 1477 |
| 36.2 Das Bohr'sche Modell des Wasserstoffatoms. | 1379 | 39.5 Die Geschwindigkeits- transformation | 1483 |
| 36.3 Quantentheorie der Atome | 1383 | 39.6 Der relativistische Impuls | 1487 |
| 36.4 Quantentheorie des Wasserstoffatoms | 1385 | 39.7 Die relativistische Energie | 1488 |
| 36.5 Spin-Bahn-Kopplung und Feinstruktur | 1390 | 39.8 Die allgemeine Relativitätstheorie | 1495 |
| 36.6 Das Periodensystem der Elemente | 1392 | 40 Kernphysik | 1505 |
| 36.7 Spektren im sichtbaren und im Röntgenbereich | 1400 | 40.1 Eigenschaften der Kerne | 1506 |
| 37 Moleküle | 1409 | 40.2 Radioaktivität | 1509 |
| 37.1 Die chemische Bindung | 1410 | 40.3 Kernreaktionen | 1516 |
| 37.2 *Mehratomige Moleküle | 1416 | 40.4 Kernspaltung und Kernfusion | 1518 |
| 37.3 Energieniveaus und Spektren zweiatomiger Moleküle | 1418 | 41 Elementarteilchen und die Entstehung des Universums | 1533 |
| 38 Festkörper | 1431 | 41.1 Hadronen und Leptonen | 1534 |
| 38.1 Die Struktur von Festkörpern | 1432 | 41.2 Spin und Antiteilchen | 1537 |
| 38.2 Eine mikroskopische Betrachtung der elektrischen Leitfähigkeit | 1435 | 41.3 Erhaltungssätze | 1540 |
| 38.3 Freie Elektronen im Festkörper | 1438 | 41.4 Quarks | 1543 |
| 38.4 Die Quantentheorie der elektrischen Leitfähigkeit | 1444 | 41.5 Feldquanten | 1546 |
| 38.5 Das Bändermodell der Festkörper | 1446 | 41.6 Die Theorie der elektroschwachen Wechselwirkung | 1546 |
| 38.6 Halbleiter | 1448 | 41.7 Das Standardmodell | 1547 |
| 38.7 *Halbleiterübergangsschichten und Bauelemente | 1450 | 41.8 Die Entwicklung des Universums | 1548 |
| 38.8 Supraleitung | 1454 | Anhang | |
| 38.9 Die Fermi-Dirac-Verteilung | 1457 | Anhang A (Einheiten, Symbole und Umrechnungsfaktoren) | 1556 |
| 39 Relativitätstheorie | 1467 | Anhang B (Physikalische Größen und Konstanten) | 1559 |
| 39.1 Das Newton'sche Relativitätsprinzip | 1468 | Anhang C (Die chemischen Elemente) | 1562 |
| | | Mathematische Grundlagen | 1565 |
| | | Index | 1597 |